ELETRÔNICA para todos

2

RESISTÊNCIA E RESISTORES

AND, OR E XOR

VALORES DAS RESISTÊNCIAS

ENERGIA E CONSUMO

O MULTÍMETRO

Projeto nº 2: INTERRUPTOR TÁCTIL

SALVAT

Resistência e resistores

A corrente que passa por um circuito não depende apenas da tensão que a empurra, mas também da resistência que os elétrons encontram ao seu movimento.

Um condutor perfeito não opõe nenhum obstáculo à corrente. No entanto, na prática, os materiais oferecem certa **resistência** à passagem dos elétrons.

Com a mesma tensão (ou seja, a força que a empurra), a corrente efetiva que **circula** depende da resistência do circuito, exatamente o mesmo efeito que acontece com a água.

Neste curso vamos evitar o tratamento **matemático**. Por outro lado, no que consideramos essencial, somente pedimos ao leitor que aceite algumas fórmulas simples porém fundamentais.

Aumentando a resistência, a corrente diminui.

A LEI DE OHM

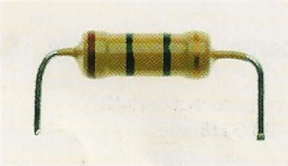
A relação aparentemente trivial que foi descoberta por Georg Simon Ohm, em 1827 é toda a **base** da eletrônica.

I = V / R

Ou seja: a corrente (i) obtém-se **dividindo** a tensão (V) pela resistência (R)

A resistência mede-se em ohms (símbolo Ω) com os seus correspondentes múltiplos e sub-múltiplos: particularmente o Kilohm (KΩ, 1.000 ohms) e o megaohm (MΩ, um milhão de ohms).

Podem-se adquirir e são utilizados com muita frequência, **resistores** (normalmente denominados "resistências"): dispositivos construídos especialmente para oferecer uma resistência muito precisa.



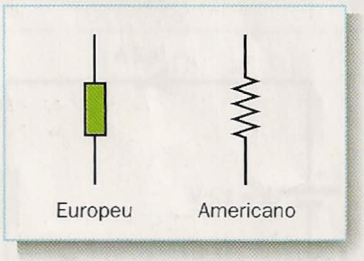
Todos os resistores têm um certo valor de resistência, expressado em ohms e escrito normalmente com um código de cores.

AS RESISTÊNCIAS NOS CIRCUITOS

Nos circuitos elétricos, as resistências podem estar representadas com dois **símbolos** diferentes: o europeu e o americano.

O primeiro que vamos utilizar durante o curso é um simples **retângulo** do qual saem os dois terminais. O segundo é uma linha em zig-zag.

Existem normativas oficiais para os **símbolos** elétricos, ainda que na prática não são sempre seguidas como deveriam.



Símbolos das resistências.

Calcular a corrente

Com a lei de ohm é fácil calcular a corrente que passa por um circuito. Vamos ver alguns exemplos

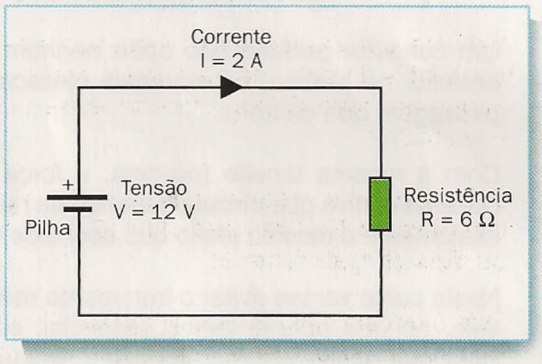
No **esquema** que mostramos na figura, uma pilha de 12 volts está ligada com dois fios a uma resistência de 6 ohms. Quanta corrente passa? O cálculo é muito simples. A lei ohm diz que temos que **dividir** a tensão (em volts) pela resistência (em ohms)

I = V / R

No nosso caso, o V é uma tensão de **12 V** e R é um resistor de **6Ω**.

I = 12 / 6 = 2

Passa então uma corrente de **2 ampéres**. Muitos problemas surgidos nos projetos eletrônicos, são resolvidos aplicando esta fórmula.



Para saber quanta corrente passa, divide-se a tensão pela resistência.

TUDO ESTÁ EM PROPORÇÃO

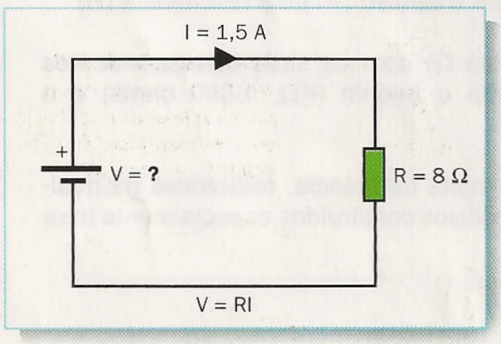
Falando de uma forma matemática, a lei de ohm diz que a corrente é **proporcional** à tensão e inversamente proporcional à resistência. Na prática, este fato significa que duplicando a tensão (24 volts em vez de 12) **duplica-se** também a corrente.

I = 24 V / 6 Ω = 4 A

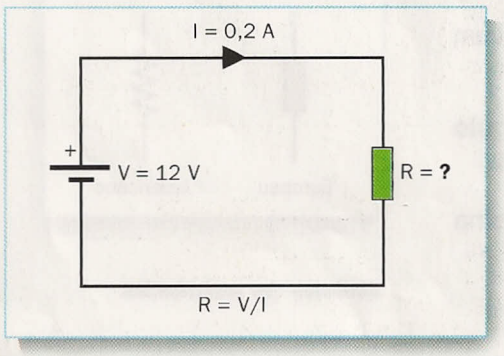
Este efeito é razoável. Quanto mais se empurra, mais corrente passa. Duplicando a resistência, a corrente **divide-se pela metade**.

I = 12 V / 12Ω = 1 A

É como fechar parcialmente uma torneira. Sairá menos água.



Qual é a tensão necessária para fazer passar 1,5 ampéres por uma resistência de 8 ohms? V = RI, ou seja 8 Ω x 1,5 A = 12 V



Qual é a resistência necessária para fazer passar 0,2 ampéres (ou seja, 200 mA) se a tensão é de 12 V? R = V/I, 12 V/0,2 A = 60 W

VAMOS DAR A VOLTA À LEI DE OHM

A lei de ohm pode ser escrita também de outras formas perfeitamente **equivalentes** à que acabamos de ver, e que servem no caso de que a corrente seja um dado já conhecido.

V = RI (R x I)

Significa que a **tensão** é obtida multiplicando a corrente pela resistência.

R = V / I

A resistência obtém-se dividindo a tensão pela corrente. As figuras mostram as duas variantes da fórmula.

Potência elétrica

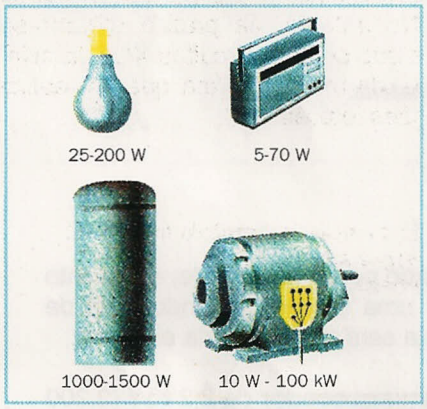
A corrente elétrica transporta energia que pode ser convertida em outras formas, tais como a luz, o calor, o som ou o movimento

A passagem de corrente por uma resistência origina um **aquecimento**: a energia elétrica converte-se em calor. Desta forma funcionam as torradeiras, ferros de passar roupa, fornos e aquecedores eletricos de água.

Outros dispositivos **convertem** a energia elétrica em luz (lâmpadas), som (alto-falante), energia mecânica (motor elétrico), etc.

Também nestes casos, uma parte da energia elétrica utilizada (a que foi "absorvida" ou "consumida") **dispersa-se** como calor, "dissipa-se".

Uma torradeira contém uma resistência que converte a energia elétrica em energia térmica, ou seja em calor.



Potências típicas empregadas pelos diferentes dispositivos eletricos.

POTÊNCIA: WATTS

A energia mede-se em **jaules** (símbolo J). A origem deste nome vem do científico Inglês James Prescott Joule. No entanto esta não é a unidade de medida mais interessante.

Como nos automóveis, é preferível conhecer a **potência** que é a energia convertida em cada segundo.

A potência mede-se em **watts** (símbolo W), nome que provém do engenheiro escocês James Watt, que aperfeiçoou a máquina a vapor.

Por exemplo, um **aquecedor** elétrico converte perto de 2 KW (dois Kilowatts, dois mil watts) em calor, enquanto que o motor de um utilitário produz menos de 40 KW de energia mecânica e muito mais calor.

CALCULAR A POTÊNCIA

A simples **lei de Joule** permite conhecer a potência elétrica absorvida pelo dispositivo. Basta multiplicar a tensão nos seus extremos pela corrente que os atravessa:

W = VI

Por exemplo: no caso de que nos extremos de um ferro de passar existam 220 V e a corrente que o atravessa é de 2 A, a potência absorvida é de:

220 x 2 = 440 W

são 440 W, mais do que suficiente para manter a temperatura necessária para a sua utilização.

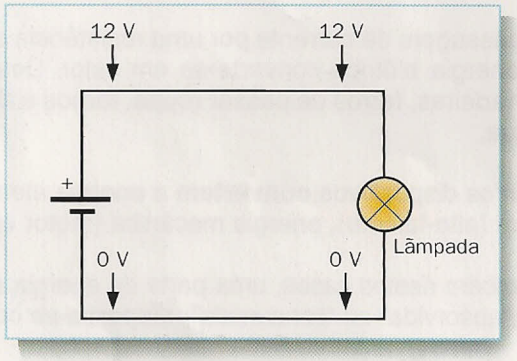
Um computador normal absorve perto de 300 W no momento em que se acende e depois uns 100 W durante o seu funcionamento normal.

Resistências não desejadas

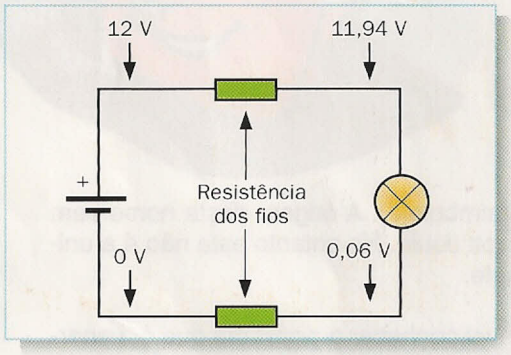
No mundo real todos os componentes (terminais incluídos) oferecem uma certa resistência à passagem da corrente: é necessário prestar atenção a este fato

O esquema elétrico é a representação **ideal** de um circuito: quando se passa à prática existem sempre pequenas diferenças.

Por exemplo, os filamentos e os fios oferecem uma certa resistência. Segundo a lei de ohm, quando são atravessados por uma corrente cria-se nos seus extremos uma **tensão** (ou diferença de potencial). Este fato significa que, quando passa a corrente, a tensão nos extremos de um fio elétrico não é nunca igual. Existe uma pequena **queda de tensão**.



No caso de que os fios fossem condutores ideais, não existiria uma queda de tensão.



Por causa da resistência dos fios, a tensão na lâmpada é inferior à da bateria.

OS FIOS AQUECEM

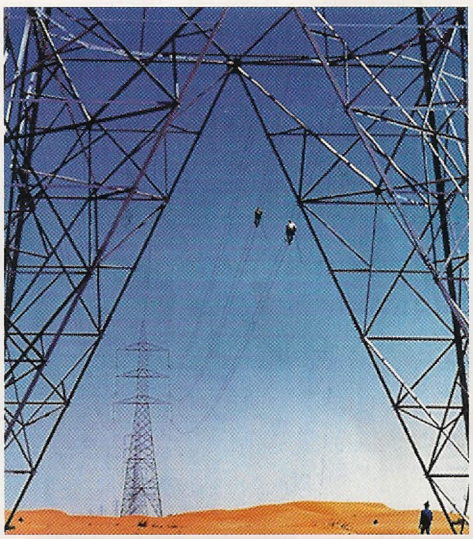
No caso de um fio ser atravessado por uma corrente, e portanto entre os seus extremos existir uma tensão, segundo a lei de Joule uma determinada **potência** será transformada em calor.

Vejamos um exemplo prático: um **aquecedor** de 2,2 KW (2.200 W). A tensão é de 220 V, a corrente absorvida é de 10 A (220 x 10, dá um total de 2.200).

Liguemos à tomada este aquecedor com uma extensão e suponhamos que esta tem uma resistência de 100 mW (milohms, milésimas de ohm) ou seja 0,1 ohms.

Segundo a lei de ohm, multiplicamos 10 A por 0,1 ohms e obtemos 1V: esta é a **queda de tensão** sobre a extensão.

Nos extremos da extensão existe portanto 1 V, mas a extensão é atravessada por uma corrente de 10 A e portanto a **potência** dissipada pelo fio é de 1 x 10 = 10 W.



A potência dissipada em forma de calor pelos fios é um dos problemas do transporte da energia elétrica.

Uma braçadeira com os parafusos apertados tem uma resistência excessiva e pode causar aquecimentos, avarias e inclusive incêndios.

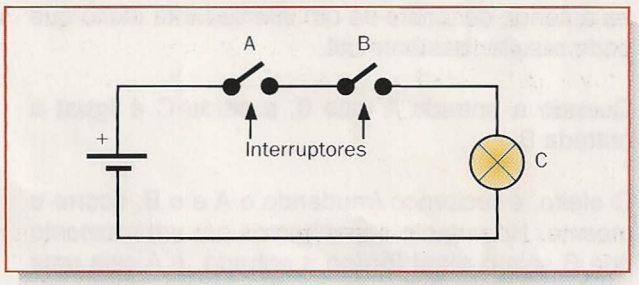
Um e o outro: AND

Quando o valor lógico de uma saída depende da combinação de vários valores de entrada, estamos falando de "lógica combinatória"

Vejamos um circuito com dois interruptores **em série**, um depois do outro no mesmo fio, como o que mostramos na figura. O que temos que fazer para acender a lâmpada?

Evidentemente não é suficiente fechar um dos interruptores. Para fechar o circuito temos que **fechar os dois** obrigatoriamente.

Este é um exemplo de **AND lógico**. "AND" em inglês significa "E". Realmente temos que fechar um e depois o outro.



Os dois interruptores devem ser fechados para que a lâmpada se acenda.

TABELA VERDADE DO AND

A tabela verdade do AND mostra o valor de saída com as quatro possíveis **combinações** das entradas.

Observamos que a saída C é 1 (verdadeiro) **apenas** no caso de que ambas entradas A e B sejam 1. Em todos os outros casos a saída é 0.

Normalmente utilizamos 0 para indicar um interruptor **aberto** (não passa corrente) e 1 para indicar um interruptor **fechado** (passa a corrente).

Entrada A (Interruptores)	Entrada B (Interruptores)	Saída C (Lâmpada)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

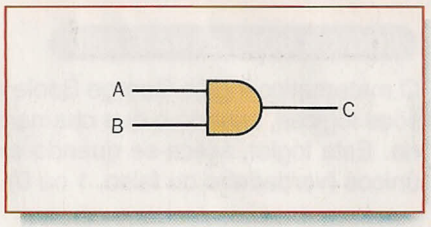
Tabela verdade do AND: mostra o valor da saída correspondente a cada possível combinação dos valores de entrada.

SÍMBOLOS DO AND

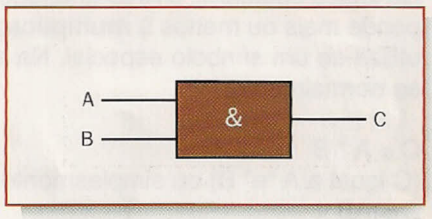
Nos **esquemas elétricos** um AND indica-se normalmente com os símbolos que se mostram na figura: o primeiro é o símbolo tradicional, o segundo é o que responde às normas IEC.

Por convenção, desenham-se os esquemas de forma a que se possam ler da **esquerda para a direita**, seguindo a trajetória do sinal desde a entrada até a saída.

Desenhamos duas entradas e uma saída, mas as entradas podem ser mais de duas. A saída vale 1 se **todas** as entradas são 1.



Símbolo tradicional do AND: à esquerda as entradas, à direita as saídas.



Símbolo AND segundo as normas IEC.

AND como uma porta lógica

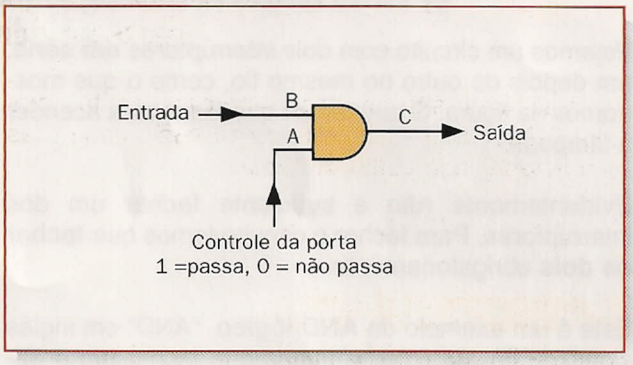
Um AND pode ser utilizado para deixar passar ou bloquear um sinal lógico

Observando a **tabela de verdade** do AND da página anterior, descobre-se um interessante efeito que pode resultar bastante útil.

Quando a entrada A vale 0, a saída C é **igual** a entrada B.

O efeito, é recíproco (mudando o A e o B, ocorre o mesmo) No entanto suponhamos por um momento que B seja o **sinal lógico** à entrada e A seja uma espécie de baliza.

Vendo sobre esta perspectiva, vemos que quando A vale 0, o B está "bloqueado". No entanto quando A vale 1, o B **passa** e recolhe a saída.



Se a entrada A vale 1, a entrada B repete-se na saída C. No entanto ,se A vale 0 não passa e a saída fica sempre igual a 0.

PORTAS LÓGICAS

Um AND utilizado desta forma funciona como uma **porta lógica**, uma espécie de cancela que permite deixar passar ou bloquear outro sinal lógico.

Desta forma, o termo "porta" aplica-se por **extensão** também aos outros dispositivos lógicos descritos nas páginas seguintes.

As portas lógicas são bastante úteis, já que permitem **controlar** um sinal lógico com outro sinal lógico.

LÓGICA BOOLEANA E AND

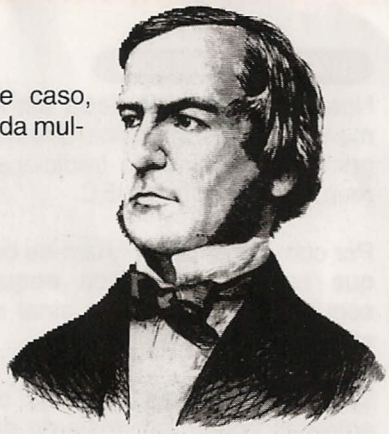
O matemático inglês George Boole estudou as expressões lógicas, criando o que chamamos **lógica booleana**. Esta lógica aplica-se quando existem dois valores únicos (verdadeiro ou falso, 1 ou 0).

Na lógica booleana, o AND (intersecção lógica) corresponde mais ou menos à **multiplicação**. Neste campo, utiliza-se um símbolo especial. Na eletrônica escreve-se normalmente:

C = A * B
(C igual a A "e" B) ou simplesmente
C = AB

Os resultados neste caso, **correspondem** aos da multiplicação normal:

0 * 0 = 0
0 * 1 = 0
1 * 0 = 0
1 * 1 = 1



George Boole, um dos pais da lógica binária, tal e como o conhecemos hoje.

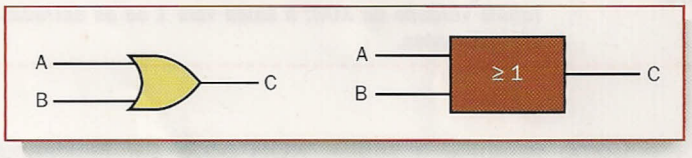
Um ou o outro: OR

Para o OR não é necessário que todas as entradas tenham o valor 1: basta apenas uma

Em inglês OR significa "ou": realmente a saída vale 1 se **uma ou outra** das entradas (ou ambas) valem 1.

As figuras mostram um **exemplo** de OR para interruptores e também os símbolos gráficos do OR (o tradicional e o que respeita as normas IEC).

O comportamento do OR resume-se na tabela verdade que se mostra à esquerda.



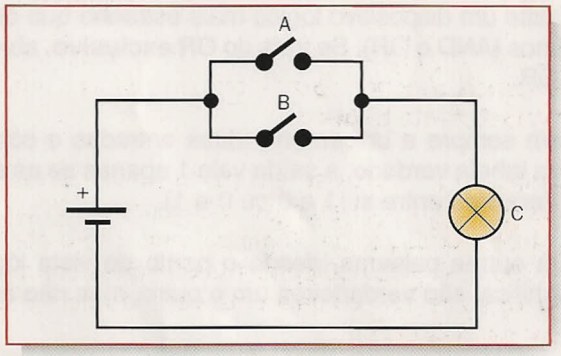


Tabela verdade do OR: a saída vale 1 se ao menos uma entrada está em 1.

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabela verdade do OR: a saída vale 1 se ao menos uma entrada está em 1.

SOMA LÓGICA

Na lógica booleana, se o AND representa a multiplicação, o OR (união lógica) corresponde à **soma**: aqui também utilizamos o "+" em vez do símbolo lógico.

C = A + B

É no entanto uma soma um pouco **estranha** devido a que não se pode superar nunca 1 nem ter o resto.

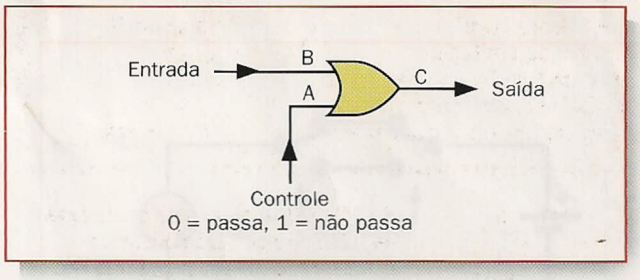
0 + 0 = 0
0 + 1 = 1
1 + 0 = 1
1 + 1 = 1 (não supera 1)

O comportamento do OR resume-se na **tabela verdade** que se mostra à esquerda.

OR COMO PORTA LÓGICA

Também o OR pode funcionar como uma porta, deixando passar ou bloqueando uma sinal lógico. Apenas referente ao AND funciona **ao contrário**.

Na tabela verdade vê-se que se A vale 0 a saída **reproduz** fielmente a entrada B, enquanto que se A vale 1 a saída C está sempre bloqueada a 1.



Se A vale = passa de igual maneira a C. Mas se A vale 1, o B não passa e a saída sempre se mantém como 1.

Apenas um dos dois: XOR

O OR exclusivo permite saber se as duas entradas são iguais ou diferentes

Existe um dispositivo lógico mais estranho que os dois que já vimos (AND e OR). Se trata do **OR exclusivo**, abreviado como XOR.

Tem sempre e unicamente duas entradas e como se vê na sua tabela verdade, a saída vale 1 apenas se as entradas são **diferentes** entre si (1 e 0 ou 0 e 1).

Em outras palavras, desde o ponto de vista lógico a saída significa: são verdadeiros um e outro, mas não **ambos**.

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

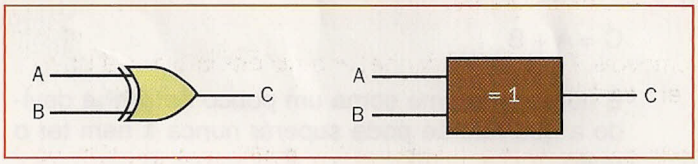
Tabela verdade do XOR: a saída vale 1 se as entradas são diferentes.

EXPRESSÕES LÓGICAS E XOR

O símbolo do XOR nas expressões lógicas é um "+" fechado num **círculo**:

$0 \oplus 0 = 0$
$0 \oplus 1 = 1$
$1 \oplus 0 = 1$
$1 \oplus 1 = 0$

Como veremos a seguir, XOR pode ser facilmente **construída** com as outras portas, e as expressões lógicas podem ser combinadas entre si para obter outras mais complexas. No entanto, na prática utilizam-se circuitos integrados que contêm circuitos XOR **já criados anteriormente**, da mesma forma que se realiza com as outras funções lógicas.

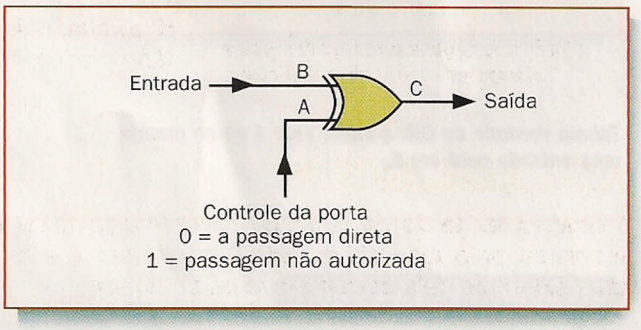


Símbolos do XOR: à esquerda o símbolo tradicional, à direita o que segue a norma IEC ("apenas uma entrada a 1").

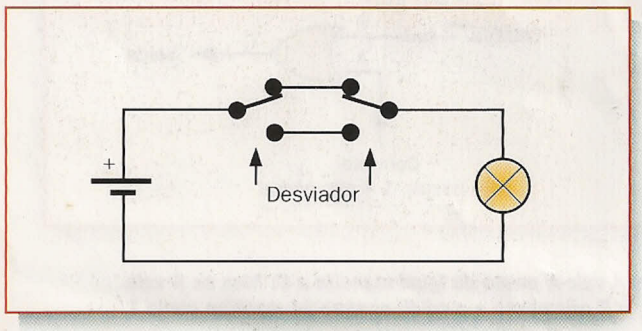
UMA PORTA QUE SE PODE INVERTER

Um XOR funciona como uma porta especial, que não bloqueia o sinal mas que o pode **inverter se** o desejar.

Se A vale 0, realmente a saída C **reproduz** fielmente a entrada B, enquanto que, se a A vale 1 a saída C é o oposto (negação lógica NOT) da entrada B



Se A vale 0, o B passa de igual forma a C. Mas se A vale 1, o valor lógico de B é invertido.



Se encontra em muitos casos um XOR: dois comutadores (interruptores de duas posições) permitem acender e apagar uma luz desde as duas posições.

Resistores

Os resistores são os componentes eletrônicos mais comuns, que existem numa grande variedade de tipos, para as mais diversas aplicações

Os resistores são utilizados principalmente para obter (lei de ohm) a **corrente ou a tensão** desejadas num determinado ponto do circuito.

A sua característica principal deve-se ao seu valor em ohms, indicado normalmente por um código de cores (ver a página seguinte).

RESISTORES DE ESTRATO

As resistências mais simples e econômicas são o **estrato de carvão**, obtidas com uma fina película de material carbonoso.

A versão standard é de **0,25 W** (um quarto de watt), existindo também em maiores e menores dimensões, e a mesma capacidade de absorção do calor.

Para uma maior precisão ou estabilidade, existem as resistências **de estrato metálico** similares em construção porém mais precisas.

As resistências do estrato de pequena potência estão entre os componentes mais difundidos entre todos os tipos de circuitos.

As resistências normais têm um estrato de material parcialmente condutor sobre um fundo isolante, recoberto por uma grossa película protetora.

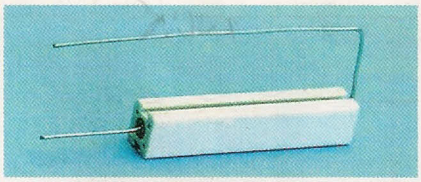
Nos resistores de fio utiliza-se um fio de liga metálica com a resistência adequada, enrolando-o de forma a que sirva para obter o valor desejado.

RESISTÊNCIAS DE FIO

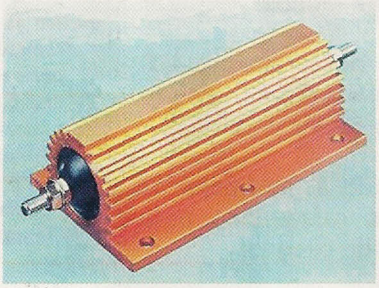
No caso de que uma resistência tenha que dissipar em forma de calor uma **potência** elevada, é necessário que possa suportar também temperaturas elevadas.

Como o estrato (de carvão ou metálico) seria danificado, substitui-se por um **fio** da liga adequada, mais ou menos comprido em função da resistência desejada, enrolado sobre um suporte.

Se esta operação não for suficiente, deve-se acrescentar um **dissipador** (um bloco metálico) para favorecer o intercâmbio de calor com a área que o rodeia.



As resistências de fio podem alcançar elevadas temperaturas (por exemplo 250 ° C) favorecendo o intercâmbio térmico com a área que o rodeia. O exemplo acima referido é de 11 W.



Com um dissipador metálico adequado, pode também dissipar centos de Watts.

Código de cores

Com um pouco de prática, o valor de uma resistência pode ser lida de forma imediata depois de se ver as suas listas coloridas

A tabela de cores permite ler o **valor** das resistências que está escrito nas listas coloridas. Pode parecer complexo, porém realmente segue regras muito simples.

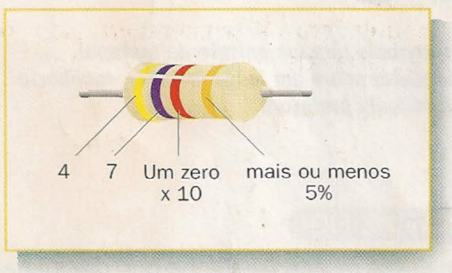
Com um pouco de prática pode-se chegar a ler o valor com a mesma facilidade como se estivesse **impresso**... inclusive com uma maior facilidade, porque as listas coloridas são sempre visíveis.

A figura A que se mostra, resume as **regras** da leitura. Vejamos um exemplo da descodificação do valor de uma resistência.

CORES	NUMERO DE LA LISTA 1 2	3	4
PRATA	- -	0,01	10%
OURO	- -	0,1	5%
PRETO	0 0	1	-
MARROM	1 1	10	1%
VERMELHO	2 2	100	2%
LARANJA	3 3	1000	-
AMARELO	4 4	10000	-
VERDE	5 5	100000	-
AZUL	6 6	1000000	-
VIOLETA	7 7	-	-
CINZA	8 8	-	-
BRANCO	9 9	-	-
NENHUMA	- -	-	20%

Código de cores para os valores das resistências mais comuns.

LER UM VALOR



Um resistor de 470 Ω.

As resistências normais do estrato de carvão têm **quatro listas** coloridas, das quais a última, ligeiramente destacada, é normalmente a cor ouro.

Se uma resistência estiver marcada como **amarelo, violeta, marrom, ouro**, qual é o seu valor?

Partindo do lado oposto ao ouro, as primeiras duas bandas traduzem-se em **números**: o amarelo vale 4 e o violeta 7.

A terceira lista representa o **multiplicador**, o número de zeros que se tem de acrescentar. O marrom significa 1, de forma que acrescentamos um zero (multiplicamos por 10).

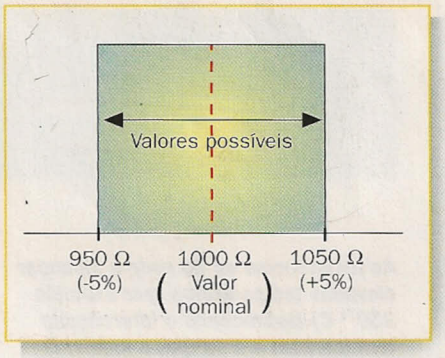
Obtemos desta forma 4, 7, 0, ou seja 470 ohms ou, de uma forma abreviada 470 Ω.

TOLERÂNCIA

A última banda, a de cor ouro, é a **tolerância**, a precisão do valor. Como se pode ver na tabela, a cor ouro quer dizer 5% de mais ou de menos.

A nossa resistência, ainda que **declarada** de 470 ohms, pode ter um valor qualquer entre 446,5 Ω (o 5% menos do 470) e 493,5 Ω (o 5% mais de 470).

O projetista deve prestar atenção a esta possível imprecisão, deixando **margens** adequadas para permitir um bom funcionamento do circuito.



O valor efetivo de uma resistência pode variar em função da tolerância com respeito ao valor declarado (nominal).

Escala de valores

Os valores dos resistores não são arbitrários, pois encaixam numa série de valores padronizados

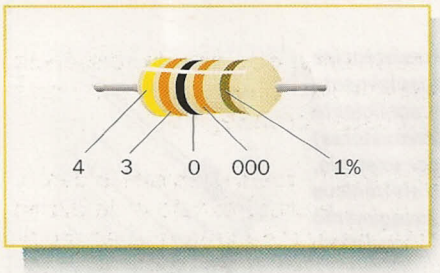
Os valores de resistência disponíveis são normalmente os da escala **E12**, conforme a figura que se mostra. Isto significa que se pode comprar uma resistência de 22 Ω ou de 27 Ω porém não de 25 Ω.

A escala tem a ver com os **primeiros dois valores**, e não com o número de zeros que se queiram acrescentar. Por exemplo, o valor de base 33 significa que podem-se adquirir resistores de:

3,3 Ω (escrito também 3R3)
33 Ω
330 Ω
3.300 Ω = 3,3 KΩ (escrito também 3K3)
33.000 Ω = 33 KΩ
330.000 Ω = 330 KΩ
3.300.000 Ω = 3,3 MΩ (escrito também 3M3)

10 12 15 18
22 27 33 39
47 56 68 82

Escala E12 (doze valores), normalmente utilizada para os valores dos resistores com 5% de tolerância.



Resistores de precisão de cinco listas: neste caso o valor é de 430 KΩ.

RESISTÊNCIAS DE PRECISÃO

As resistências mais precisas, por exemplo com uma tolerância de 1% ou mesmo de 0,1 % (um por mil) oferecem-se normalmente com uma maior **seleção** de valores.

Existem escalas com 24 e também com 96 valores, que normalmente são representados por **três valores** em vez das duas indicadas na escala E12.

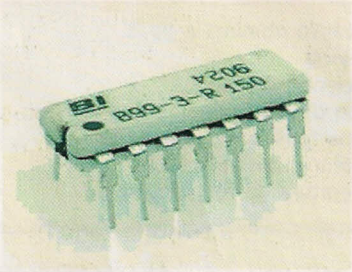
Desta forma, estes resistores **de precisão** (normalmente de estrato metálico) têm à frente do multiplicador um valor a mais: no total cinco listas coloridas em vez de quatro.

RESISTÊNCIAS ESPECIAIS

Existem também resistências de **frações** de ohm., especialmente do tipo fio. Neste caso o valor é escrito em números com um R em vez do ponto decimal: R05 significa 0,05W.

Existem também resistência denominadas "de **zero ohms**": que não são mais do que fragmentos do fio num corpo do resistor, utilizados em vez dos fios por comodidade da montagem, especialmente com máquinas automáticas.

Voltando às resistências normais, existem também com vários resistores numa mesma caixa, às vezes com o mesmo terminal comum. Estas "**redes resistivas**" permitem entre outras coisas, poupar espaço.



As redes resistivas contêm várias resistências num mesmo encapsulamento.

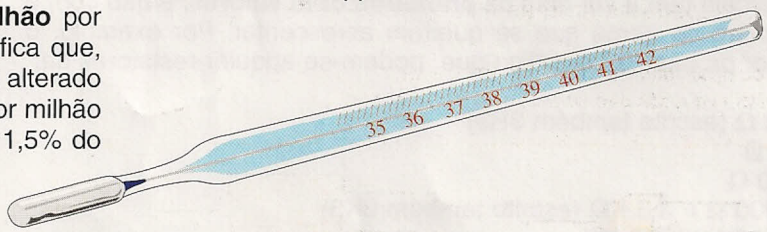
Limite das resistências

Existem vários pormenores em que um projetista deve prestar atenção, especialmente os ligados à temperatura

Além da imprecisão da tolerância, o valor de uma resistência depende da temperatura, ou seja, que tem um **coeficiente térmico**.

Normalmente, indica-se em **partes por milhão** por grau (ppm/°C). Por exemplo, 300 ppm significa que, para uma **variação** de 50 graus, o valor será alterado em 300 x 50 = 15.000 ppm. 15.000 partes por milhão são 15 sobre mil, ou seja uma variação de 1,5% do valor da resistência.

Além do mais, o mesmo coeficiente térmico quase nunca é **preciso**. Nas resistências baratas pode variar de um componente a outro como, por exemplo, entre -150 e -800 ppm/°C.



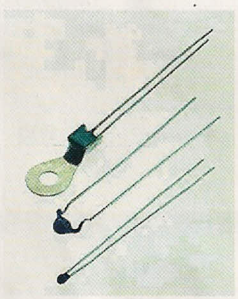
TEMPERATURA E DISSIPAÇÃO

A potência de dissipação (por exemplo 1 W) não é encarada de uma forma rígida. Se refere realmente a uma resistência localizada ao **ar livre** à temperatura indicada (por exemplo 70 °C).

No caso de que se encontre num espaço reduzido, ao lado de outros componentes que estejam quentes, é necessário deixar uma **margem de segurança**.

O problema é realmente importante com as resistências de **potência elevada**, que podem produzir um forte aquecimento.

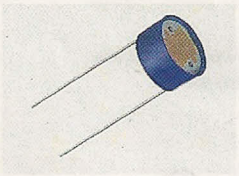
Mostraremos em outra seção as técnicas de **ventilação** natural e obrigada e a dissipação através dos terminais do mesmo componente.



As resistências realizadas especialmente com um elevado coeficiente térmico (termistores) utilizam-se, por exemplo, nos termostatos eletrônicos para o aquecimento doméstico.

Especificaciones técnicas:

• Dissipação nominal a 70 °C	1 W
• Tolerância	5%
• Coeficiente térmico	300 ppm/°C
• Tensão de limitação	350 V
• Máxima tensão de sobrecarga	600 V
• Resistência do isolamento	1.000 MΩ
• Temperatura do funcionamento	-55 °C a +235 °C



As especificações técnicas de uma resistência não estão limitadas apenas ao valor e a tolerância.

Existem também resistências de valor dependentes da luz ou da fotoresistências.

OUTROS PROBLEMAS A SE LEVAR EM CONTA

Para dar sempre uma idéia das dificuldades que um projetista deve enfrentar, estes são outros **fatores** que deve ter em atenção.

- A variação do valor no **tempo**.
- A sensibilidade da **tensão** aplicada.
- A tensão **máxima** aplicável.
- O **isolamento** do estrato protetor.

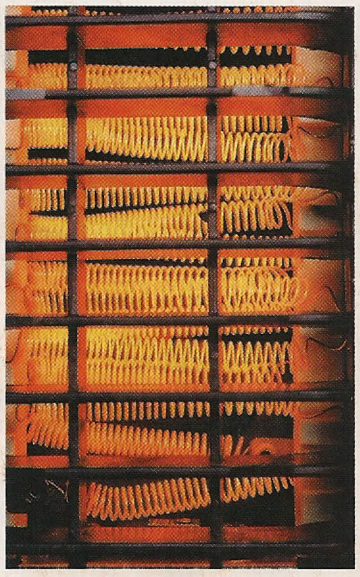
Finalmente, as resistências **de fio** têm uma característica que não é desejada (indutância) que impede a sua utilização em diferentes aplicações como os circuitos de radio.

Eletrodomésticos que aquecem

Uma resistência que é atravessada por uma corrente produz calor. Este fenômeno é utilizado em diversas aplicações domésticas

Muitos **eletrodomésticos** utilizam corrente para produzir corrente: Aquecedores, ferros de passar roupa, torradeiras, máquinas de lavar e máquinas de lavar louça, secadores de cabelo, aquecedores elétricos, vaporizadores, etc. Por exemplo, no fundo de uma máquina de lavar louça vê-se a resistência, ou seja, o resistor que aquece a água na temperatura desejada.

E naturalmente, este está muito bem **isolado** para que a corrente não possa chegar à água e depois à carcassa metálica do eletrodoméstico.

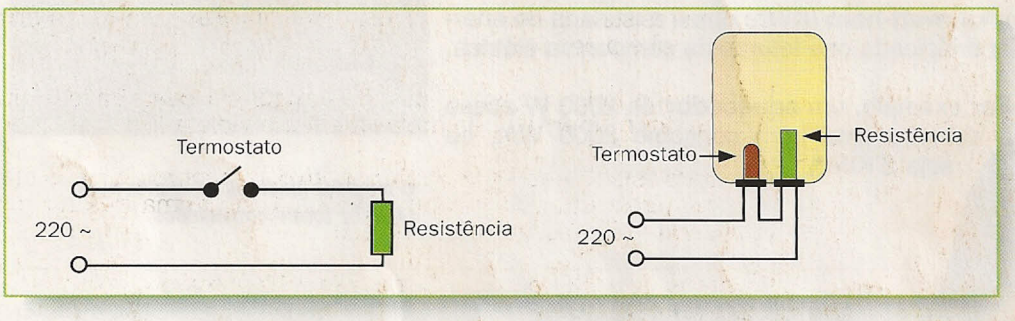


Em um aquecedor elétrico a resistência é um fio de um material especial dobrado ou enrolado (e, que por vezes não está isolado), de forma a que aqueça adequadamente o ar.

O TERMOSTATO ACENDE-SE E APAGA-SE

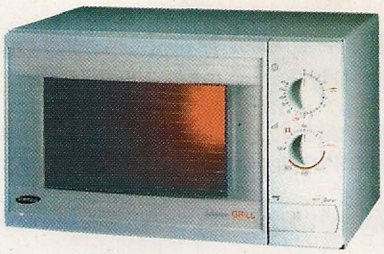
Por costume coloca-se um **termostato** para controlar o aquecimento: este está composto por um interruptor sensível a temperatura. Num aquecimento elétrico, por exemplo, quando este chega à temperatura desejada, o termostato **abre** o circuito, interrompendo a corrente.

Quando a água esquenta, o termostato fecha o circuito. Obtém-se assim uma **regulagem** da temperatura, além de evitar o risco de ebulição da água.



O termostato tem como função a de abrir o circuito quando a temperatura alcança o valor desejado.

CALOR E SEGURANÇA



O forno do microondas não tem resistências para a produção de calor, porém ondas de rádio de alta freqüência.

A elevada **temperatura** alcançada pelas resistências do aquecimento implicam riscos que são necessários prevenir.

Por exemplo, o cabo de alimentação do ferro de passar roupa é **termo-resistente**. Não se deve derreter no caso de que se toque no mesmo com o ferro de passar roupa. Para evitar os riscos de explosão no caso de avaria do termostato, todos os aquecedores têm uma **válvula de segurança**.

Os secadores de cabelo têm um termostato para o caso de que, se o motor parar, a resistência não queime e não produza danos aos usuários.

Energia e consumo

O medidor regista a energia elétrica utilizada, que é medida em kilowatts por hora

Todo os aparelhos elétricos têm uma **placa** que indica, além de outros fatores, a potência máxima empregue em watts (W). É a energia elétrica que é consumida em cada segundo.

A potência pode ser indicada também em **voltamperes** (VA) em vez de watts: no caso das resistências que aquecem, as duas medidas coincidem.

Este abre- latas elétrico consome apenas 30 W.

ENERGIA: KWh

Realmente, o que se paga não é a potência, mas sim a energia elétrica consumida, que depende do **tempo** que o aparelho permanece aceso.

Um dispositivo de 1 W que se mantém aceso durante **1 segundo** consome em Jaules (J) de energia. Numa hora consome 3600 (tantos como segundos formam a hora).

De uma forma prática, não se utiliza o jaule mas sim o **watt-hora** (W/h), que corresponde a 3600 jaules: Um dispositivo de 1 W aceso durante uma hora consome 1 W hora de energia.

Mil watt-hora formam um **kilowatt-hora** (KWh) que é a unidade de energia medida pelo contador e indicada nas faturas da companhia elétrica.

Por exemplo, um **aquecedor** de 2000 W aceso durante uma hora consome 2000 W/h, ou seja 2 KW/h.

O medidor mede os kilowatts-hora (KW/h) totais consumidos.

LIMITES E PROTEÇÕES

Para evitar aquecimentos ou incêndios, o interruptor geral tem uma **proteção térmica**, que abre o circuito se a corrente ultrapassar um determinado valor.

Para uma instalação normal de 3 Kilowatts, esta proteção entra em ação alguns segundos depois de alcançar os **3,3 KW**.

Segundo a lei de Joule (ver lição de Analógica) 3,3, KW / 220 V dão 15 A: é a **corrente máxima** para a qual está projetada a instalação.

Para corrente superiores, um interruptor magnético atua de uma forma **imediata**.

Acendendo ao mesmo tempo dois dispositivos de 2 KW (por exemplo um aquecedor e uma máquina de lavar) têm muitas probabilidades de que salte o interruptor térmico de proteção.

O multiteste

Simples, versátil e econômico, o multiteste (ou multímetro) digital é uma das principais "ferramentas de trabalho" em eletrônica, tanto para os profissionais como para os amadores

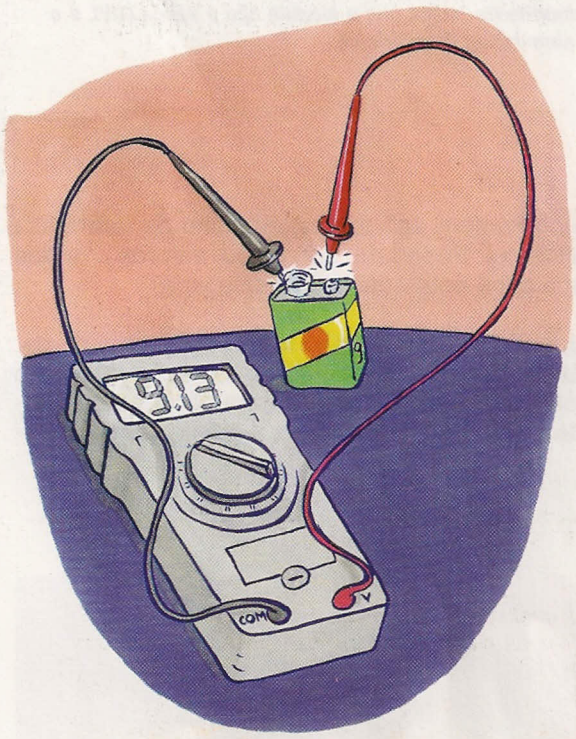
O multiteste ou "multímetro" é uma ferramenta que serve para **medir** a tensão, a corrente e a resistência, além de outras possíveis funções que podem ser úteis.

Vamos dedicar algumas lições para ensinar como devemos utilizá-lo corretamente, aproveitar as suas vantagens e conhecer os seus limites.

Existem dois tipos de multitestes: **digital** (de números) e **analógico** (de agulha). Por enquanto vamos ocupar-nos do primeiro.

Um multiteste digital mostra os valores medidos sobre um visor ou "display".

Um multiteste analógico tem um extenso quadrante com distintas escalas graduadas.



A tensão efetiva de uma pilha depende de vários fatores, entre eles o estado da carga.

MEDIR UMA TENSÃO CONTÍNUA

Qual é a tensão existente nos extremos de uma **pilha**? Para determinar, põe-se o multiteste no modo "voltímetro em corrente contínua". Esta posição consegue-se girando um **seletor** para a posição "DC V" (volts de corrente contínua) ou similar.

É necessário escolher o **alcance**, ou "fundo da escala" (valor máximo que se pode medir). Para uma pilha pode-se configurar a escala de 20 V: não serão superados estes valores.

Finalmente, controla-se a ponteira **preta** para que seja inserida na tomada marcada como "comum", "negativa" ou "terra" e a **vermelha** na tomada marcada com um "V" tocando nos terminais da pilha com os **bornes**, (não se corre nenhum perigo de choque), o multiteste indicará a tensão com grande precisão.

POLARIDADE

Se o número do display apresenta o sinal "-" (negativo), as ponteiras estão **invertidas**: a vermelha toca no polo negativo da pilha em vez de no positivo. O multiteste mede uma **diferença de potencial**, ou seja, a tensão entre os dois pontos. A ponteira preta é considerada o "ponto zero" (ou referência) em relação ao que se mede.

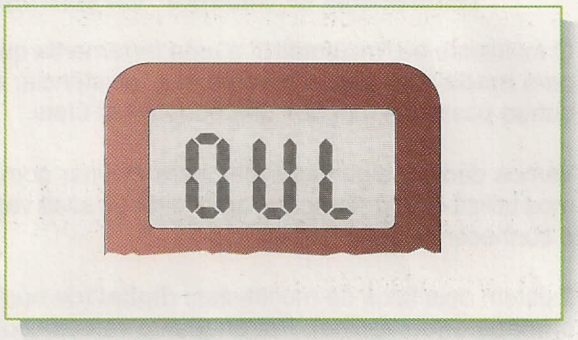
Os limites do multiteste

A ferramenta perfeita não existe. Conhecer bem o multiteste permite aproveitá-lo da melhor forma

Se a tensão medida ultrapassa o fundo da escala, o multiteste indica **overload** (sobrecarga). Será então necessário escolher um limite superior. Por norma não se produzem danos.

No entanto, quando a escala escolhida for muito maior que a grandeza que se deseja medir (por exemplo, 200 V para medir uma pilha), a leitura não será precisa pois haverá pouco deslocamento do valor.

Para uma máxima **resolução** (número de valores úteis) convém ir girando o seletor até utilizar os vários valores possíveis. Alguns multitestes têm um **alcance automático**, ou seja, escolhem automaticamente o melhor alcance, embora possam vir a ter problemas com tensões que podem ser alteradas com o tempo.



Se a tensão nas ponteiras supera o fundo da escala, o multiteste indica que a medida não é válida (OVL é a abreviatura de overload).

PRECISÃO

A precisão não depende do número de valores, mas sim da referência internaque utiliza o multiteste. Poderiam ser cinco valores... todos errados (por exemplo, se a pilha está quase descarregada).

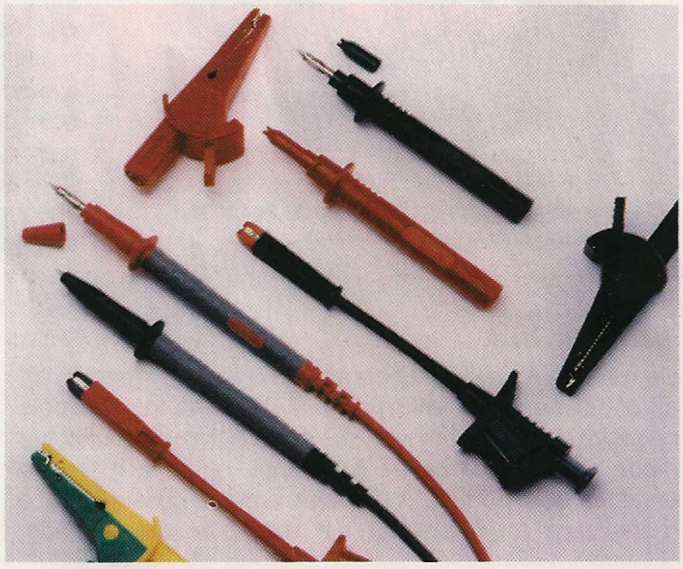
Na prática, os modelos com vários valores são mais **precisos** e caros. Normalmente podemos acreditar no valor indicado, exceto o do último número. Em um bom multiteste, a **estabilidade** garante que as medidas repetidas sejam exatas. Também, neste caso, a qualidade do multiteste é importante.

PROBLEMAS

O multiteste causa **interferências** no circuito que mede, ainda que, quase sempre sem importância.

Os circuito de rádio, ou de correntes muito baixas, podem **modificar** o seu funcionamento quando as ponteiras do multiteste se tocam.

Mais grave é um **curto-circuito** (contato entre dois pontos) causado pelas ponteiras: é necessário manobrar sempre com calma e muita atenção.



Para medir situações especiais como, por exemplo, tensões muito elevadas, existem acessórios específicos que se podem aplicar às ponteiras.

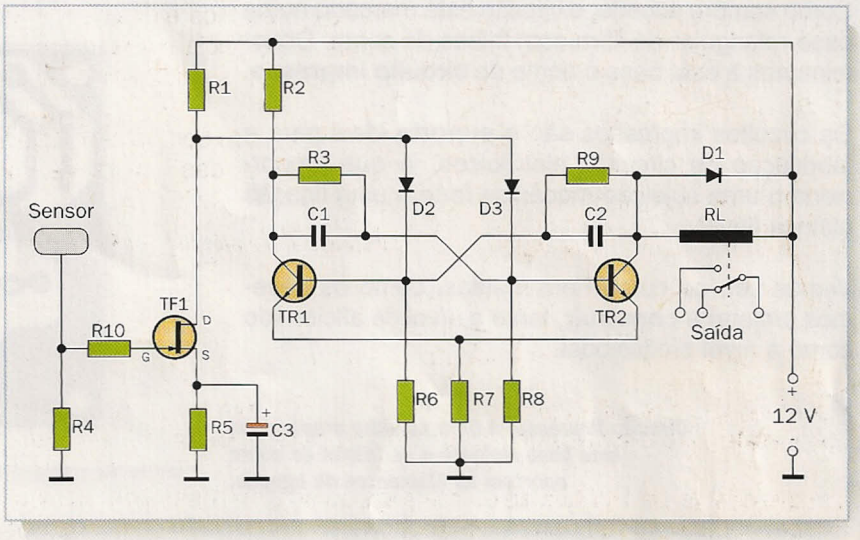
Interruptor táctil

Vamos realizar um interruptor que é acionado imediatamente quando tocamos com os dedos numa placa metálica

Os interruptores comuns, como o que existe para a luz, atuam ligando **mecanicamente** os dois pólos através de um contato mecânico móvel.

No entanto, o nosso dispositivo não requer nenhum esforço mecânico: basta tocar levemente numa **pequena placa** metálica que está ligada à entrada do crcuito.

O mecanismo (interruptor táctil) é igual ao utilizado por alguns **despertadores**, que se podem desligar tocando-os apenas com a mão.



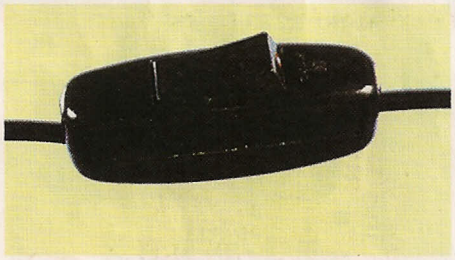
Esquema de interruptor táctil: falaremos dos distintos componentes e circuitos na lição de Analógica.

INVERSÃO E MEMÓRIA

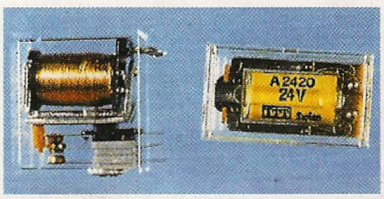
Para poder acender ou apagar com a mesma placa metálica, esta **alterna** as duas funções: tocando-a uma vez fecha-se o circuito; tocando-a uma segunda vez volta-se a abrir.

Como o interruptor permanece inalterável, embora mantenha os dois estados possíveis, o circuito deve dispor de **memória** para recordar em qual dos estados se encontra.

O seu funcionamento tem um caráter **digital**: em todo o momento o circuito encontra-se num dos dois estados possíveis e nunca poderá estar numa situação intermédia.



O equivalente mecânico do nosso circuito é um interruptor que muda de estado com cada pulsação.



Um relé é um interruptor controlado magneticamente pela corrente que passa por uma bobina, ou seja, um eletro-imã.

SAÍDA ISOLADA E PRECAUÇÕES

O circuito, de certo modo, controla um relé, ou seja, um interruptor eletromecânico: este funciona como um comutador, fechando um contato e abrindo outro. Por serem controlados por um imã, os contatos do relé estão **isolados** do resto do circuito, e isto quer dizer que não têm nenhuma ligação elétrica com o mesmo.

No entanto, e por prudência, será melhor empregar o circuito apenas em aplicações de **baixa tensão**, ou seja, evitando a ligação ao relé de aparelhos que funcionem a 127 V ou 220 V.

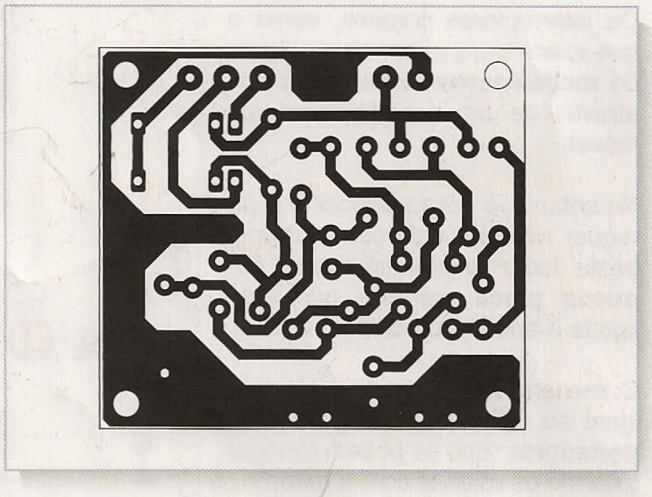
Fabricação do circuito

Os componentes eletrônicos devem sempre ser manuseados e soldados com as devidas precauções

Como sempre sucede, o circuito está marcado numa base retangular de fibra com trilhas de cobre. Denominamos a esta base o nome de **circuito impresso**.

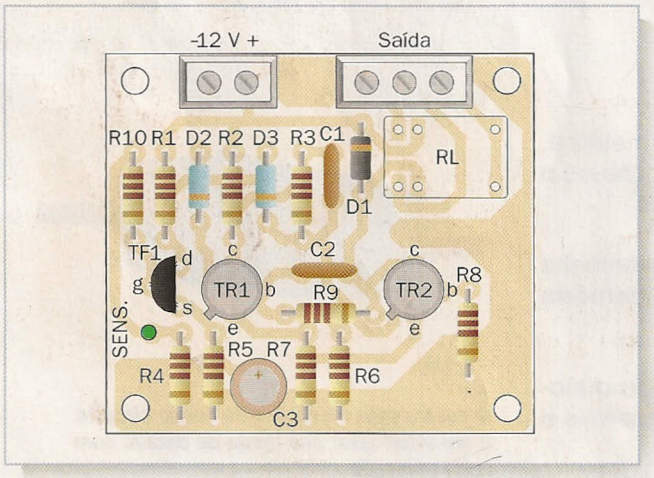
Os circuitos impressos são o **suporte** ideal para a fabricação de circuitos eletrônicos, já que proporcionam uma sujeição mecânica forte e uma ligação elétrica fiável.

Vamos ver, no curso Ferramentas, como os devemos projetar e **construir**, tanto a nível de aficionado como a nível profissional.



Circuito impresso: a fibra de vidro proporciona uma base isolante e as trilhas de cobre aportam os filamentos de ligação.

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES



É necessário prestar atenção quando se insere cada componente, pois estes devem estar na **posição** correta e com a **polaridade** adequada (ou a orientação, no caso dos transistores e diodos).

O **relé** convém ser montado no final, pois pode apresentar algum problema de solda, já que é difícil mantê-lo imóvel quando se dobram os seus terminais, que são normalmente rígidos.

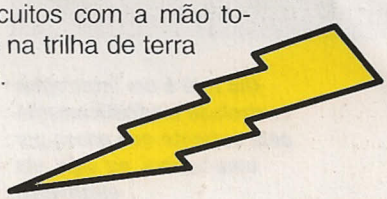
Pode-se evitar este inconveniente fixando-o temporariamente ao lado dos componentes do circuito impresso com fita cola. Esta é retirada quando se termina a solda.

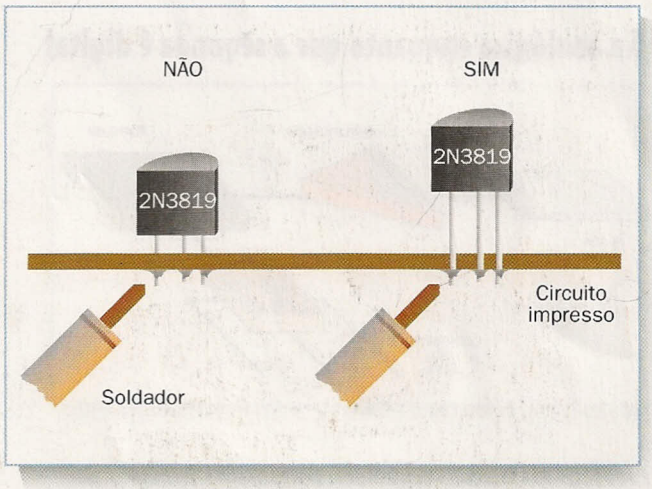
Localização dos componentes sobre a base do circuito impresso: atenção a polaridade e as orientações.

ELETROSTÁTICA E PRECAUÇÕES

Deve-se ter cuidado especialmente no inverno, já que é bastante fácil que o nosso corpo acumule uma **carga eletrostática**: é suficiente para ficarmos eletrizados andar sobre um tapete ou mover-se numa cadeira de rodas. Quando se encosta em um circuito ou num componente delicado (por exemplo um transistor) a eletricidade estática **descarrega-se** sobre o próprio componente, com bastantes possibilidades de provocar-lhe algum dano.

Para o evitar, convém descarregar-nos de vez em quando, simplesmente encostando a mão em um ponto de terra, por exemplo, encostar em um dissipador e pegar sempre os circuitos com a mão tocando primeiramente na trilha de terra dos próprios circuitos.





SOLDA E AQUECIMENTO

Como vimos na seção de introdução às montagens, o calor do soldador é suficiente para deixar definitivamente **inutilizados** muitos componentes.

Todavia, um tempo de solda muito rápido, pode produzir uma **solda fria**, originado um contato pouco viável podendo causar problemas no futuro.

Com os transistores, especialmente, convém deixar os **terminais** um pouco compridos, de forma que o corpo do componente esteja bastante longe do ponto da solda.

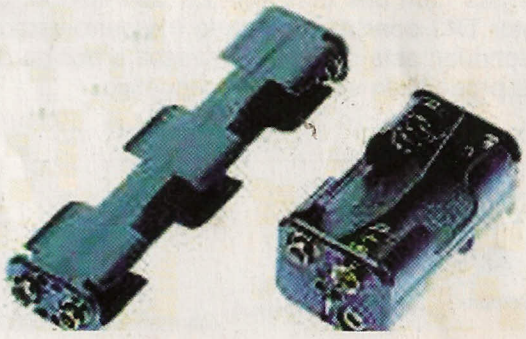
Os terminais compridos transportam menos calor desde o ponto da solda à delicada junta interna do transistor.

ALIMENTAÇÃO

O circuito necessita uma tensão **contínua** de 12 V, que pode ser obtida com uma fonte de alimentação já criada ou ligando-se em série (uma atrás da outra) um determinado número de pilhas.

Pode-se adquirir nas lojas, **porta-pilhas** já pré-fabricados. Para 12 V pode-se utilizar um porta-pilhas que tenha capacidade para 8 pilhas do tipo AA.

Como sempre, é necessário prestar a máxima atenção para que não se inverta a **polaridade** da alimentação (positivo e negativo), de forma que não se estrague todo o nosso trabalho



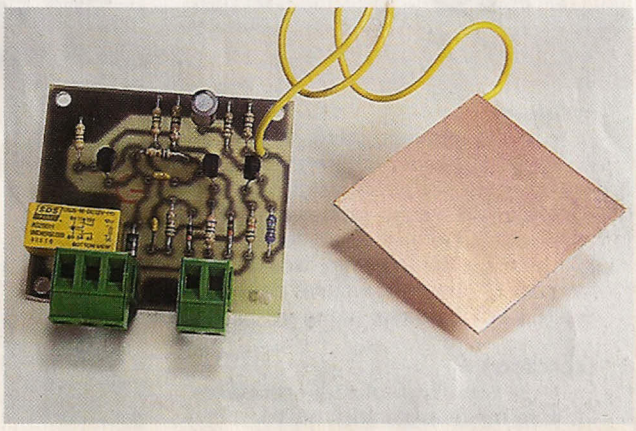
Porta-pilhas com capacidade para 4 pilhas de 1,5 V: com dois destes suportes em série obtêm-se 8 x 1,5 = 12 V, a tensão necessária.

ENSAIO

Após o término da montagem deve-se testar o correto funcionamento do sistema. Encostando-se com a mão na placa conectada à entrada do circuito, o relé deverá comutar.

A placa metálica deve ser ligada ao circuito com um fio o mais curto possível, para evitar comutações acidentais devido a interferências externas.

Caso o circuito tenha manifestado um sensibilidade reduzida ao tato, é possível regulá-lo diminuindo o valor do resistor R4 até ao valor de 1,5 ou 2,2 Ω.



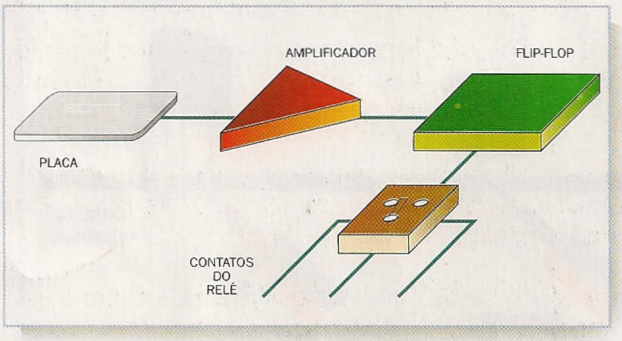
Funcionamento do comutador

Os princípios básicos são simples: a primeira fase é a analógica enquanto que a segunda é digital

O corpo humano tem sempre uma certa **carga elétrica** em relação ao terra: uma parte é eletricidade estática, originada (por um acoplamento capacitivo) da instalação elétrica da casa.

Quando a placa é tocada, esta carga é aplicada ao circuito causando um impulso breve, amplificado pelo transistor (efeito do campo JFET) TF1.

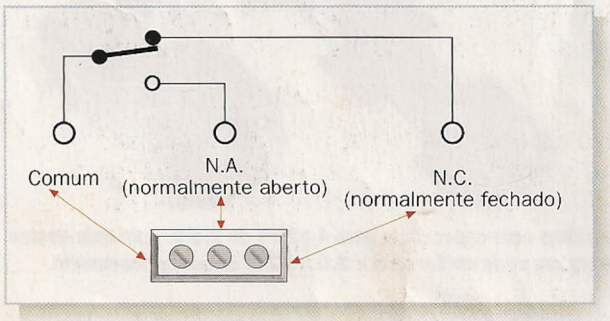
O impulso origina uma mudança de estado num circuito **bi-estável** (flip-flop), capaz de estar em duas posições estáveis, formado por TR1 e TR2 na sua configuração cruzada mais característica.



Esquema dos blocos do circuito: estes estão formados por uma parte analógica (amplificador) e uma digital (flip-flop).

RELÉ E CARGA

Apenas num dos dois estados do Flip-flop, o transistor TR2 **conduz** a corrente (no outro estado não a conduz); esta corrente atravessa a bobina do relé RL, produzindo um campo magnético.



No relé, o campo magnético **atrai** uma pequena alavanca de ferro que fecha os contatos, empurrando os mesmos como se fosse a mão de um operador.

Quando o TR2 já não conduz e o relé o **solta**, a energia magnética é transformada outra vez em energia elétrica: o diodo D1 serve para evitar que esta transformação ocasione um excesso de tensão que é nocivo para o transistor. **Os contatos** do relé devem suportar a tensão e a corrente de carga que lhe está ligada; é aconselhável evitar as altas tensões (por exemplo os 127/220 V da rede) e as altas correntes (por exemplo 5 A).

Para utilizar o relé como interruptor, deve-se ligar um dos fios ao comum e o outro ao terminal que está normalmente aberto.

LISTA DE COMPONENTES

Resistores
R1 = 10 KΩ (marrom, preto, laranja, dourado)
R2 = 560 Ω (verde, azul, marrom, dourado)
R3, R9 = 5,6 KΩ (verde, azul, vermelho, dourado)
R4 = 5,6 MΩ (verde, azul, verde, dourado)
R5 = 220 Ω (vermelho, vermelho, marrom, dourado)
R6, R8 = 4,7 KΩ (amarelo, violeta, vermelho, dourado)
R7 = 47 Ω (amarelo, violeta, preto, dourado)
R10 = 1 MΩ (marrom, preto, verde, dourado)

Capacitores
C1, C2 = 100 pF (picofarads) cerâmicos
C3 = 10 mF (microfarads), 16 V

Diodos
D1 = 1 N4001
D2, D3 = 1 N4148

Transistores
TR1, TR2 = 2N1711
TF1 = 2N3819 (é um JFET)

Vários
RL = relé miniatura com bobina de 12 Vcc
1 placa metálica
1 circuito impresso